

# カンボジアにおける前期中等理数教育について

## ～理科教科書（物理分野）を中心に～

安 藤 雅 夫

### 1 はじめに

カンボジア王国(以下、カンボジア)は、1975年から1979年のポル・ポト政権とそれに続く内戦状態を経たが、現在は復興がめざましく2007年から2011年までの5年間の実質GDP平均成長率は6.0%を記録している。しかし、国民一人当たりのGDPは依然としてASEAN諸国内では、ミャンマーと並び最低水準である。

カンボジアの教育に関しては、教育施設、識字率、留年率、教員の量的質的不足など多くの課題が指摘されている。その中で理科教育に関しては、主に後期中等教育について論じられてきた[1-4]。

本論文では、2013年より開始したJICAのプロジェクト「前期中等理科教育のための教師用指導書開発プロジェクト(STEPSAM3)」に基づいて、第7学年から第9学年に相当する前期中等教育、とりわけ物理分野について教科書の観点から考察した。

### 2 カンボジアの教育制度

カンボジアの教育制度は、日本と同様に6-3-3制がとられている[1]。義務教育は小学校(Primary school)(第1学年から第6学年)と前期中等教育(Lower secondary school, 中学校)(第7学年から第9学年)が該当し、後期中等教育(Upper secondary school, 高校)(第10学年から第12学年)がそれに引き続く。

2013年のカンボジア教育省(Ministry of Education, Youth and Sport)の調査[5]によると、小学校数は約6,900校、前期中等教育は約1,600校、後期中等教育は約430校で、教員数はそれぞれ約4万4800人、約2万7000人、約1万1100人である。2010年統計調査[6]と比較すると、学校数はどの課程においても増加しているが、教員数は小学校のみが減少し(2010年が約4万5500人)、前期・後期中等教育は増加している。そのため、教員一人当たりの生徒数は前期中等教育では2010年の24.4人から2013年の19.8人に改善されている。また、学校1校当たりの教員数も前期中等教育のみが微増している。

総就学率(Gross Enrollment Rate)は、小学校では123.4%<sup>\*1</sup>、前期中等教育では53.6%、後期中等教育では27.4%となっている。一方、純就学率(Net Enrollment Rate)は、小学校が97%である(前期および後期中等教育の統計は掲載されていない)。また、修了年齢人口のうち修了できた生徒数の割合を示す修了率(Completion Rate)は小学校が87.3%、前期中等教育が40.6%、後期中等教育が20.4%となっている。修了率の低さは退学率(Drop-out Rate)が前期中等教育の平均で20.0%、後期中等教育の平均が10.1%(2013年度調査)と高いことから示唆される。

### 3 理科教科書

日本の中学理科教科書は内容区分は第1分野(物理的領域と化学的領域)と第2分野(生物的領域と地学的領域)に区分されているが、カンボジアの理科教科書3冊では物理、化学、生物、地学の4区分である。単元の配列も各学年でこの区分の順序となっている。

第7学年は全体が300ページあり、物理は94ページ、化学は56ページ、生物は94ページ、地学は57ページとなっている。同様に、第8学年は、全体が300ページで、物理は102ページ、化学は50ページ、生物は94ページ、地学は54ページあり、第9学年は全体が316ページあり、物理は102ページ、化学は56ページ、生物は102ページ、地学は56ページある。このため、物理と生物はそれぞれ全体の約32%であるが、化学と地学はそれぞれ全体の約18%しかなく、物理と生物の教科書に占める割合は多いことがわかる。

第7学年から第9学年までの理科教科書の単元項目(物理分野)を図1～3に示す。

<sup>\*1</sup> 総就学率が100%を超えている理由は、就学年齢以上の年齢の生徒が在籍しているためである。

1. 熱
(1) 温度
(2) 物体の熱膨張
(3) 熱エネルギー
2. 熱移動
(1) 熱伝導
(2) 対流
(3) 熱放射
3. 電気
(1) 電荷
(2) 電流
(3) 電圧
(4) 抵抗
(5) 電池
(6) 回路
4. 圧力
(1) 固体の圧力
(2) 流体の圧力
(3) 水圧の測定
(4) 大気圧

図 1 第 7 学年

1. 回転運動
(1) 力の合成と分解
(2) 力のモーメント
(3) 重心
2. 単一機械
(1) てこ
(2) 斜面
(3) 車軸とギア
(4) 滑車と車軸
(5) 単一機械の出力
3. 電気
(1) 電気エネルギー
(2) 電流による磁場
(3) 電磁気
(4) 磁場中の力
(5) 電磁誘導
(6) 変圧器
4. 光
(1) 光の進み方
(2) 光の反射
(3) 光の屈折
(4) レンズ

図 3 第 9 学年

1. 直線運動
(1) 速度と速度ベクトル
(2) 瞬間の速さと加速度
(3) 自由落下
2. 力と運動
(1) 力
(2) 摩擦力
(3) ニュートンの法則
3. 仕事・エネルギー
(1) 仕事・エネルギー
(2) 仕事率
4. 磁気
(1) 磁石
(2) 磁場
5. 音
(1) 音源
(2) 音の受信
(3) 音の反射とエコー

図 2 第 8 学年

教科書の構成は、章ごとに到達目標、本文、まとめ、演習となっている。また、関連した生徒実験も含まれている。

教科書の内容の一例として、次に第 8 学年「ニュートンの法則」の一部を示す\*<sup>2</sup>。

イギリスの物理学者であり数学者であるアイザック・ニュートンは 1665 年から 1666 年の間に 3 つの法則を確立した。

(中略)

#### 1.2 ニュートンの第 1 法則 (慣性の法則)

ニュートンの第 1 法則は、「外からの力がないか、正味の力がゼロならば、静止している物体は静止するか、運動している物体は等速度運動をする (すなわち、一直線の運動)。」

ここで述べたことは、物体はつりあいの状態にいるか、物体は加速度運動をしない一様な直線運動となることである。そのため、物体は一定の速さで同じ方向に運動する。速さと方向を変えないことを慣性とよぶ。

\*<sup>2</sup> カンボジアの教科書は英訳された文書を参考にした。

ニュートンの実験によりすべての物体は速度を変えない。

### 1.3 慣性の例

日常生活では、慣性に関した多くの現象がある。自動車の発進で、立っている乗客は後ろに倒れる。

(後略)

## 4 教科書の内容の分析

後期中等教育の教科書について指摘したことは [1], 多くの点で前期中等教育の教科書でもあてはまる。

### (1) 内容の難易度

熱の伝わり方の単元を例として、日本の教科書 [7] とカンボジアの教科書を比較する。日本の教科書では、

熱伝導温度の異なる物体が接しているとき、高温の部分から低温の部分へ熱が移動する。このような現象を熱伝導という。図で、手でふれた金属がしだいにあたたかくなるように感じるのは、熱伝導のためである。

一方、カンボジアの教科書では、

#### 1.1 固体の熱伝導

金属の箸を握り、もう一端をアルコールランプで熱したとしよう。しばらくすると、箸は熱くなり、やけどしそうになる。このとき、熱は一方から他方へ移動したという。こうして、熱伝導は物体が直接に接触したときに高温から低温へ熱が伝わる現象である。

#### 1.2 熱伝導の性質

種類の異なる 3 つの物質、すなわち銅、鉄、ガラスでできた同じ長さの箸の一端をワックスをつけ、他端をアルコールランプで熱したとしよう。銅のワックスが最初に溶け、続いて鉄、最後にガラスのワックスが溶ける。こうして、銅は他の物質と比べて伝導性が大きいことがわかる。一般に、すべての物質は異なる伝導性を持つ。伝導性がよい物質は、銀、銅、金、アルミニウムなどであり、比較的良好な伝導性を持つのは、シリコン、ヨウ素、炭素などであり、プラスチック、木材、ガラスなどは熱を伝導しない。このような物質を絶縁体という。

この例に限らずカンボジアの教科書のほうが記述は詳しい傾向がある。

また、日本では高校物理で学習する内容が含まれている。例えば、第 8 学年の「直線運動」では、ベク

トル、瞬間の速さ、「力と運動」では、ニュートンの第 2 法則が含まれている。第 9 学年の「回転運動」では、力のモーメントを学習し、「単一機械（あるいは単純機械）」は、高校物理でも学習しない機械的効率（機械的利益）(mechanical advantage) を学習する。

### (2) 数式の取扱い

物理分野では、定性的な記述の他に、定性的な記述も重要な要素となる。この点に関して、カンボジアの教科書では数式（あるいは、公式）とそれを用いた演習問題が多い。一方、日本の理科教科書では、それほど多くはない。また、数式を用いる場合でも、物理量を表す記号を用いずに、日常用語が用いられている。例えば、力学分野では以下の数式が扱われているだけである。

$$\text{速さ} = \frac{\text{移動距離}}{\text{移動にかかった時間}}$$

$$\text{仕事} = \text{力の大きさ} \times \text{力の向きに動いた距離}$$

$$\text{仕事率} = \frac{\text{仕事}}{\text{仕事にかかった時間}}$$

「発展」として

$$\text{位置エネルギー} = \text{物体にはたらく重力} \times \text{基準値からの高さ}$$

$$\text{運動エネルギー} = \frac{1}{2} \times \text{質量} \times \text{速さ} \times \text{速さ}$$

一方、カンボジアの教科書（第 8 学年）では、以下の数式が用いられている（記号の意味は省略）。

$$v = \frac{d}{t}, a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$d = \frac{1}{2}at^2, d = v_0t + \frac{1}{2}at^2, h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$F = ma, P = mg$$

$$W = F \times d, P = F \times v, P = \frac{W}{t}$$

$$E_p = mgh, E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

ここで、記号  $P$  は重力の意味と仕事率の意味の両方で使われているため、生徒には混乱しやすい。

次は、演習問題の一例である。

初速度 8m/s の電車が斜面を 0.2m/s<sup>2</sup> の加速度で下っている。30 秒たったとき、電車は、斜面をどれだけの距離進んだか。

力学以外の単元においても多くの数式を学習するため、学習者にとってはかなりの負担になると思われる。

### (3) 単元の整合性

単元ごとのつながりを考慮されていないため学習

に困難を生じている箇所がある。例えば、第7学年「圧力」では、固体の圧力を力/面積で定義しているが、力については小学校第4学年で学習して以降学んでいない。それにも関わらず、力を学習した前提で力の単位を説明なしでニュートン (N) で導入している。実際は、力を前期中等教育で学習するのは、図2で示すように第8学年である。力と圧力の概念は、学習者にとって誤概念を生みやすい箇所であるため十分注意して指導すべき課題であるが、教師にとって指導しにくい教科書の配列となっている。

#### (4) 実験

カンボジアでは、実験器具・装置がまだ不十分である。そのため教科書に記載されている実験は、実際には実施できないのが現状である。第8学年「直線運動」で力学台車を用いた生徒実験が記載されているが、力学台車が各学校に整備されているわけではない。また、例えばプラスチック製の滑車はありふれた実験器具のように思われるが、カンボジアでは理科教材を目的とした滑車は生産されていないため入手は困難である。工事現場で利用されている大きな滑車はあるが重いため、第9学年で学習する動滑車の実験には不向きとなる。このように、教科書に記載されている生徒実験をそのまま実行するのはできないため、フラスコの代用としてペットボトルを利用するなど現地で入手しやすい材料で工夫する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 安藤雅夫：「カンボジアにおける理科教育」，東海女子短期大学紀要，第28号，pp.1-7, 2002
- [2] 尾崎浩巳，森本弘一：カンボジア理数科改善プロジェクト高校教科書作成の現状について―その問題点―，日本理科教育学会全国大会発表論文集，第5号，p.188, 2007
- [3] JICA 短期専門家チーム：カンボディア中等理数科改善プロジェクト (STEPSAM) ベースライン調査報告書，2002.3
- [4] 安藤雅夫，尾崎浩巳：「カンボジア高校物理教科書の改訂」，東海女子短期大学紀要，第34号，pp.1-7, 2008
- [5] Ministry of Education, Youth and Sport: "Education Statistics & Indicators 2012/2013", 2013
- [6] Ministry of Education, Youth and Sport: "Education Statistics & Indicators 2009/2010", 2010
- [7] 塚田捷著作者代表：『指導書 未来へひろがるサイエンス 1,2,3』，啓林館